

液体噴射ヘッドの製造方法

発明の背景

発明の分野

本発明は、被噴射液を吐出する液体噴射ヘッドの製造方法に関し、特に、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室に供給されたインクを圧電素子又は発熱素子を介して加圧することによって、ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの製造方法に関する。

先行技術の説明

インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子の軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電アクチュエータを使用したものと、たわみ振動モードの圧電アクチュエータを使用したものの2種類が実用化されている。

前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付けることができるものの、たわみ振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、振動板の表面全体に亘って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものが提案されている（例えば、特開平5-286131号公報）。

これによれば圧電素子を振動板に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ

法という精密で、かつ簡便な手法で圧電素子を高密度に作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。

このように圧電素子を高密度に配列した場合、流路形成基板の厚さを比較的薄くして圧力発生室を区画する隔壁の剛性を確保する必要がある。しかしながら、流路形成基板としては、例えば、直径が6～12インチ程度の大きさのシリコンウェハを用いて形成するため、シリコンウェハの厚さを薄くすると割れ等が発生しやすく取り扱いが困難であるという問題がある。

また、流路形成基板（シリコンウェハ）の一方面に犠牲ウェハを接合し、流路形成基板の剛性を確保した状態で、圧電素子等を形成する方法も提案されている（例えば、特開2003-133610号公報）。しかしながら、犠牲ウェハを用いた製造方法では、流路形成基板を良好に位置決めできないという問題や、位置決めに時間がかかってしまうと共に位置決め工程が必要になるという問題や、製造過程で犠牲ウェハを接合した流路形成基板の外周部分に割れが発生するという問題がある。

また、このような問題は、インクを吐出するインクジェット式記録ヘッドだけでなく、勿論、インク以外の液体を吐出する他の液体噴射ヘッドの製造方法においても、同様に存在する。

発明の概要

本発明は、このような事情に鑑み、流路形成基板の取り扱いが容易となり圧力発生室を良好に形成できると共に、製造効率を向上することのできる液体噴射ヘッドの製造方法を提供することを課題とする。

上記課題を解決する本発明の第1の態様は、シリコン単結晶基板からなりノズル開口に連通する圧力発生室が画成される流路形成基板と、該流路形成基板上に振動板を介して設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッドの製造方法において、前記流路形成基板の一方の面に前記振動板及び前記圧電素子を形成する工程と、前記流路形成基板上に前記圧電素子を封止する圧電素子保持部を有する封止基板を加熱接着する工程と、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程と、前記流路形成基板と前記封止基板との接

着温度よりも低い温度で前記流路形成基板の他方の面に絶縁膜を成膜すると共に当該絶縁膜を所定形状にパターニングする工程と、パターニングされた絶縁膜をマスクとして前記流路形成基板をエッチングして前記圧力発生室を形成する工程とを有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第1の態様では、絶縁膜を形成する際に、流路形成基板と封止基板との接着不良等が発生することがないため、封止基板を接着した後に流路形成基板を薄くする加工を行っても、圧力発生室を良好に形成することができる。

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記流路形成基板に分割されるシリコン単結晶ウェハに対して前記各工程を実施し、その後、分割することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第2の態様では、シリコン単結晶ウェハに対して各工程を行うことで、複数の流路形成基板を同時に且つ高精度に形成することができる。

本発明の第3の態様は、第1又は2の態様において、前記流路形成基板と前記封止基板とを接着する接着剤が、エポキシ系接着剤であることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第3の態様では、流路形成基板と封止基板とを比較的容易に接着することができると共に、圧電素子保持部を確実に封止することができる。

本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記振動板の少なくとも最下層が熱酸化膜によって形成され、前記圧力発生室の一方面が当該熱酸化膜によって構成されていることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第4の態様では、流路形成基板を熱酸化することにより、振動板を容易に形成することができる。

本発明の第5の態様は、第1～4の何れかの態様において、前記絶縁膜を形成する工程では、ECRスパッタ法又はイオンアシスト蒸着法を用いることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第5の態様では、流路形成基板と封止基板との接着温度よりも低い温度で、絶縁膜を良好に形成することができる。

本発明の第6の態様は、第1～5の何れかの態様において、前記圧力発生室を

形成する工程では、前記絶縁膜が形成されている領域の前記流路形成基板の一部が除去されて当該絶縁膜が前記圧力発生室に対向する領域に張り出した張り出し部が形成され、前記圧力発生室を形成する工程後にこの張り出し部を除去する工程をさらに有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第6の態様では、圧力発生室が所望の形状となり、被噴射液（液体）の流れがよりスムーズになる。また、張り出し部が割れて被噴射液内に混入されることがなく、ノズル詰まり等の発生を防止することができる。

本発明の第7の態様は、第1～6の何れかの態様において、前記絶縁膜として、窒化シリコン、酸化タンタル、アルミナ、ジルコニア又はチタニアの何れかの材料を用いることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第7の態様では、所望の材料を選択することにより、絶縁膜を比較的低温で良好に形成することができる。

本発明の第8の態様は、第7の態様において、テトラフルオロメタン（ CF_4 ）又はトリフルオロメタン（ CHF_3 ）を主成分とするエッチングガスを用いたドライエッチングによって前記絶縁膜をパターニングすることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第8の態様では、絶縁膜を除去する際、他の部材のエッチング量を極めて小さく抑えることができ、実質的に絶縁膜のみを良好に除去することができる。特に、張り出し部を除去する際に有効である。

本発明の第9の態様は、第1～8の何れかの態様において、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程では、前記流路形成基板を前記圧電素子が設けられた一方面とは反対側の他方面の面内方向に回転させながら当該流路形成基板の前記他方面をエッチング液で処理することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第9の態様では、流路形成基板を回転させながら圧電素子とは反対側の面をエッチング液で処理することで、流路形成基板に研削又は研磨による応力がかかることがなく、エッチング液を流路形成基板の面に均等に広げ、流路形成基板を均一な厚さとすることができる。また、エッチング液が流路形成基板の側面に付着することがなく、流路形成基板の余計な領域をエッチングすることがない。

。本発明の第10の態様は、第9の態様において、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程では、前記流路形成基板の前記他方面側を研削又は研磨した後にエッチング液で処理することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第10の態様では、流路形成基板を所定の厚さまで研削又は研磨した後にウェットエッチングを行うことで、研削又は研磨時に発生したマイクロクラックを確実に除去して流路形成基板を短時間で所定の厚さとすることができる。

本発明の第11の態様は、第9又は10の態様において、前記エッチング液がフッ硝酸であることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第11の態様では、フッ硝酸からなるエッチング液でエッチングを行うことで、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板を高精度に所定の厚さに加工することができる。

本発明の第12の態様は、第1～11の何れかの態様において、前記圧力発生室を形成した前記流路形成基板の前記他方面側にノズル開口の穿設されたノズルプレートに接着する工程を有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法にある。

かかる第12の態様では、均一な厚さの流路形成基板にノズルプレートを良好に接合することができる。

図面の簡単な説明

図1は、実施形態1に係る記録ヘッドの概略を示す斜視図である。

図2は、実施形態1に係る記録ヘッドの平面図及び断面図である。

図3は、実施形態1に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

図4は、実施形態1に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

図5は、実施形態1に係る製造工程を示すウェハの斜視図である。

図6は、実施形態1に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

図7は、実施形態1に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

図8は、実施形態2に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

図9は、他の実施形態に係る記録ヘッドの断面図である。

発明の詳細な説明

以下に本発明の各実施形態について詳細に説明する。

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの概略を示す分解斜視図であり、図2Aは、図1の平面図であり、図2Bは、図2AのA-A'断面図である。図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では面方位(110)のシリコン単結晶基板からなり、その一方面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコンからなる、厚さ1~2 μ mの弾性膜50が形成されている。

この流路形成基板10には、シリコン単結晶基板をその一方面側から異方性エッチングすることにより、複数の隔壁11によって区画された圧力発生室12が幅方向に並設されている。また、その長手方向外側には、後述する封止基板30のリザーバ部32と連通される連通部13が形成されている。また、この連通部13は、各圧力発生室12の長手方向一端部でそれぞれインク供給路14を介して連通されている。

ここで、異方性エッチングは、シリコン単結晶基板のエッチングレートの違いを利用して行われる。例えば、本実施形態では、シリコン単結晶基板をKOH等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて(110)面に垂直な第1の(111)面と、この第1の(111)面と約70度の角度をなし且つ上記(110)面と約35度の角度をなす第2の(111)面とが出現し、(110)面のエッチングレートと比較して(111)面のエッチングレートが約1/180であるという性質を利用して行われる。かかる異方性エッチングにより、二つの第1の(111)面と斜めの二つの第2の(111)面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、圧力発生室12を高密度に配列することができる。

本実施形態では、各圧力発生室12の長辺を第1の(111)面で、短辺を第2の(111)面で形成している。この圧力発生室12は、流路形成基板10をほぼ貫通して弾性膜50に達するまでエッチングすることにより形成されている。ここで、弾性膜50は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。また各圧力発生室12の一端に連通する各インク

供給路14は、圧力発生室12より浅く形成されており、圧力発生室12に流入するインクの流路抵抗を一定に保持している。すなわち、インク供給路14は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング（ハーフエッチング）することにより形成されている。なお、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

このような圧力発生室12等が形成される流路形成基板10の厚さは、圧力発生室12を配設する密度に合わせて最適な厚さを選択することが好ましい。例えば、1インチ当たり180個（180dpi）程度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、180～280 μ m程度、より望ましくは、220 μ m程度とするのが好適である。また、例えば、360dpi程度と比較的高密度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、100 μ m以下とするのが好ましい。これは、隣接する圧力発生室12間の隔壁11の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。本実施形態では、圧力発生室12の配列密度を360dpi程度としているため、流路形成基板10の厚さを約70 μ mとしている。

また、流路形成基板10の開口面側には、各圧力発生室12のインク供給路14とは反対側で連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が接着剤や熱溶着フィルム等を介して固着されている。

一方、流路形成基板10の開口面とは反対側の弾性膜50の上には、厚さが例えば、約0.2 μ mの下電極膜60と、厚さが例えば、約1 μ mの圧電体層70と、厚さが例えば、約0.1 μ mの上電極膜80とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子300を構成している。ここで、圧電素子300は、下電極膜60、圧電体層70、及び上電極膜80を含む部分をいう。一般的には、圧電素子300の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層70を各圧力発生室12毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体層70から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体駆動部という。本実施形態では、下電極膜60は圧電素子300の共通電極とし、上電極膜80を圧電素子300の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何

れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体駆動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子300と当該圧電素子300の駆動により変位が生じる振動板とを合わせて圧電アクチュエータと称する。なお、上述した例では、圧電素子300の下電極膜60及び弾性膜50が振動板として作用する。

また、このような各圧電素子300の上電極膜80には、例えば、金(Au)等からなるリード電極90がそれぞれ接続されている。このリード電極90は、各圧電素子300の長手方向端部近傍から引き出され、流路形成基板10の端部近傍までそれぞれ延設され、図示しないが、例えば、ワイヤボンディング等により、圧電素子を駆動するための駆動IC等と接続される。

流路形成基板10の圧電素子300側には、圧電素子300の運動を阻害しない程度の空間を確保した状態でその空間を密封可能な圧電素子保持部31を有する封止基板30が接合され、圧電素子300はこの圧電素子保持部31内に密封されている。このような封止基板30としては、流路形成基板10の熱膨張率と略同一の材料、例えば、ガラス、セラミック材料等を用いることが好ましく、本実施形態では、流路形成基板10と同一材料のシリコン単結晶基板を用いて形成した。また、封止基板30には、各圧力発生室12の共通のインク室となるリザーバ100の少なくとも一部を構成するリザーバ部32が設けられ、このリザーバ部32は、上述のように流路形成基板10の連通部13と連通されて各圧力発生室12の共通のインク室となるリザーバ100を構成している。

さらに、封止基板30上には、封止膜41及び固定板42とからなるコンプライアンス基板40が接合されている。封止膜41は、剛性が低く可撓性を有する材料(例えば、厚さが6 μ mのポリフェニレンサルファイド(PPS)フィルム)からなる。また、固定板42は、金属等の硬質の材料(例えば、厚さが30 μ mのステンレス鋼(SUS)等)で形成される。この固定板42のリザーバ100に対向する領域には、厚さ方向に完全に除去された開口部43が形成され、リザーバ100の一方面は可撓性を有する封止膜41のみで封止されている。

なお、このようなインクジェット式記録ヘッドは、図示しない外部インク供給手段からインクを取り込み、リザーバ100からノズル開口21に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない駆動回路からの記録信号に従い、外部配線を

介して圧力発生室12に対応するそれぞれの下電極膜60と上電極膜80との間に電圧を印加し、弾性膜50、下電極膜60及び圧電体層70をたわみ変形させることにより、各圧力発生室12内の圧力が高まりノズル開口21からインク滴が吐出する。

以下、このような本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの製造方法について説明する。なお、図3及び図4、図6及び図7は、圧力発生室の長手方向の断面図であり、図5は、流路形成基板用ウェハの斜視図である。まず、図3Aに示すように、流路形成基板10の表面を約1100℃の拡散炉で熱酸化して弾性膜50となる二酸化シリコン膜51を形成する。

次に、図3Bに示すように、流路形成基板10の一方面の二酸化シリコン膜51（弾性膜50）上に、スパッタリングにより下電極膜60を形成する。この下電極膜60の材料としては、白金（Pt）、イリジウム（Ir）等が好適である。これは、スパッタリング法やゾルーゲル法で成膜する後述の圧電体層70は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で600～1000℃程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下電極膜60の材料は、このような高温、酸素雰囲気下で導電性を保持できなければならない、殊に、圧電体層70としてチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を用いた場合には、酸化鉛の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から白金又はイリジウム等が好適である。

次に、図3Cに示すように、圧電体層70を成膜する。この圧電体層70は、結晶が配向していることが好ましい。例えば、本実施形態では、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体層70を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いて形成することにより、結晶が配向している圧電体層70とした。圧電体層70の材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛系の材料がインクジェット式記録ヘッドに使用する場合には好適である。なお、この圧電体層70の成膜方法は、特に限定されず、例えば、スパッタリング法で形成してもよい。

さらに、ゾルーゲル法又はスパッタリング法等によりチタン酸ジルコン酸鉛の前駆体膜を形成後、アルカリ水溶液中での高圧処理法にて低温で結晶成長させる

方法を用いてもよい。何れにしても、このように成膜された圧電体層 70 は、バルクの圧電体とは異なり結晶が優先配向しており、且つ本実施形態では、圧電体層 70 は、結晶が柱状に形成されている。なお、優先配向とは、結晶の配向方向が無秩序ではなく、特定の結晶面がほぼ一定の方向に向いている状態をいう。また、結晶が柱状の薄膜とは、略円柱体の結晶が中心軸を厚さ方向に略一致させた状態で面方向に亘って集合して薄膜を形成している状態をいう。勿論、優先配向した粒状の結晶で形成された薄膜であってもよい。なお、このように薄膜工程で製造された圧電体層の厚さは、一般的に $0.2 \sim 5 \mu\text{m}$ である。

次に、図 3 D に示すように、上電極膜 80 を成膜する。上電極膜 80 は、導電性の高い材料であればよく、アルミニウム、金、ニッケル、白金、イリジウム等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、白金をスパッタリングにより成膜している。

次に、図 4 A に示すように、圧電体層 70 及び上電極膜 80 のみをエッチングして圧電素子 300 のパターンニングを行う。

次いで、図 4 B に示すように、リード電極 90 を流路形成基板 10 の全面に亘って形成すると共に圧電素子 300 毎にパターンニングする。

次に、図 4 C に示すように、流路形成基板 10 の圧電素子 300 側に圧電素子 300 を封止する圧電素子保持部 31 を有する封止基板 30 を加熱接着する。この流路形成基板 10 と封止基板 30 とを接着する接着剤は、特に限定されないが、本実施形態では、エポキシ系の接着剤を用いており、 140°C 程度まで加熱することにより硬化させている。なお、この封止基板 30 は、例えば、 $400 \mu\text{m}$ 程度の厚さを有するため、封止基板 30 を接合することによって流路形成基板 10 の剛性は著しく向上することになる。

次いで、図 4 D に示すように、流路形成基板 10 を所定の厚さに加工する。本実施形態では、流路形成基板 10 を圧電素子 300 が設けられた一方面とは反対側の他方面の面内方向に回転させながら、他方面をエッチング液で処理することにより、流路形成基板 10 を所定の厚さとする。

また、本実施形態では、ウェットエッチングにより、流路形成基板 10 の表面に形成された二酸化シリコン膜 51 を除去し、 $220 \mu\text{m}$ 程度の厚さの流路形成

基板10を70 μ m程度の厚さまで薄くした。なお、流路形成基板10を所定の厚さとする方法は、これに限定されず、例えば、流路形成基板10の表面を研磨又は研削するようにしてもよい。

なお、上述した一連の製造工程は、実際には、流路形成基板10に分割されるシリコン単結晶ウェハに対して行われる。すなわち、図5Aに示すように、流路形成基板10となるシリコン単結晶基板からなるウェハ120(10)を回転させながら、圧電素子300が設けられた面とは反対側の面に、エッチング液吐出ノズル130を介してエッチング液131を吹きつけることにより等方性ウェットエッチングを行う。

このエッチングでは、ウェハ120に研削又は研磨による応力がかかることがなく、また、エッチング液131が遠心力によりウェハ120の表面に均等に広がることで、エッチング量にばらつきが生じず、ウェハ120を均一な厚さとすることができる。また、ウェハ120に吹きつけられたエッチング液131は、遠心力によりウェハ120の表面から飛散し、ウェハ120の側面に付着することがないため、ウェハ120は側面からエッチングされることはない。このようにウェハ120をエッチングすることで、ウェハ120は、図5Bに示す状態となる。なお、このようなウェットエッチングは、本実施形態では、流路形成基板10がシリコン単結晶基板からなるため、エッチング液131には、フッ硝酸を用いた。また、ウェハ120は、エッチング面にエッチング液を均等に広げるために、エッチング面の面内方向、すなわち、流路形成基板10(ウェハ120)の圧電素子300が設けられた面とは反対側の面内方向に回転させるのが好ましい。

このように、流路形成基板10を回転させながらエッチングすることで流路形成基板10を均一な厚さで薄く形成することができ、後の工程で、圧力発生室12を高密度で配設して圧力発生室12の隔壁の厚さを薄くしてもコンプライアンスを減少させてクロストークを防止することができる。また、ばらつきのない均一な厚さの流路形成基板10とすることで、後の工程でノズルプレート20を接合する際に、接合不良等が生じることがない。さらに、本実施形態では、ウェットエッチングのみで流路形成基板10を所定の厚さとしたため、研削、研磨によ

り発生し易いマイクロクラック等の加工変質層が形成されるのを確実に防止することができる。

次に、図6Aに示すように、流路形成基板10の表面に、流路形成基板10と封止基板30との接着温度、本実施形態では、140℃よりも低い温度で絶縁膜55を形成する。この絶縁膜55の材料は、特に限定されないが、例えば、窒化シリコン、酸化タンタル、アルミナ、ジルコニア又はチタニア等を用いることが好ましく、本実施形態では、窒化シリコンを用いている。また、この絶縁膜55の形成方法としては、所定の温度以下で絶縁膜55を形成できる方法であればよく、例えば、イオンアシスト蒸着法あるいはECR（電子サイクロトロン共鳴）スパッタ法等が挙げられる。なお、本実施形態では、イオンアシスト蒸着法を用いている。

このように、流路形成基板10と封止基板30との接着温度よりも低い温度で絶縁膜55を形成すれば、絶縁膜55を形成する際の熱によって、流路形成基板10と封止基板30との接着不良の発生や圧電素子300の破壊等を防止することができる。次いで、図6Bに示すように、絶縁膜55をエッチングすることにより所定形状にパターンニングする。すなわち、絶縁膜55の圧力発生室12等を形成する領域をエッチングにより除去して開口部55aを形成する。この絶縁膜55のエッチング方法としては、特に限定されないが、例えば、本実施形態では、絶縁膜55として窒化シリコンを用いているため、テトラフルオロメタン（ CF_4 ）を主成分とするエッチングガスを用いたドライエッチングを選択している。

そして、図6Cに示すように、この絶縁膜55をマスクとし、開口部55aを介して流路形成基板10を水酸化カリウム（ KOH ）水溶液で異方性エッチングすることにより、圧力発生室12、連通部13及びインク供給路14を形成する。なお、図示しないが、流路形成基板10を異方性エッチングする際には、封止基板30上に保護膜を設けておくことが好ましい。

以上説明したように、本実施形態では、流路形成基板10に封止基板30を接合後に、流路形成基板10を所定の厚さに加工するようにしたので、流路形成基板10の取り扱いが容易となる。また、流路形成基板10を所定の厚さとした後

に、圧力発生室12等を形成するためのマスクとなる絶縁膜55を、流路形成基板10の圧電素子300が形成されている面とは反対側の面に、流路形成基板10と封止基板30との接着温度よりも低い温度で形成するようにしたので、絶縁膜55を形成する際の熱による圧電素子300の破壊や、流路形成基板10と封止基板30とを接着する接着剤が劣化して圧電素子保持部31の封止性が低下するのを防止することができる。そして、この絶縁膜55をマスクとして圧力発生室12を高精度に形成することができる。

また、異方性エッチングにより圧力発生室12を形成した際に、絶縁膜55に対向する領域の流路形成基板10の一部がサイドエッチングされ、絶縁膜55が圧力発生室12に対向する領域に張り出した張り出し部55bが形成される。この張り出し部55bは、除去しなくてもよいが、本実施形態では、この張り出し部55bを除去するようにした(図6D)。張り出し部55bの除去方法は、特に限定されず、エッチング等により除去すればよいが、絶縁膜55として上記の材料を用いた場合には、テトラフルオロメタン(CF₄)又はトリフルオロメタン(CHF₃)を主成分とするエッチングガスを用いてドライエッチングによって除去することが好ましい。また、この絶縁膜55bの除去と共に、絶縁膜55も除去するのが好ましい。

これにより、張り出し部55bを除去する際に、圧力発生室12の底面を構成する弾性膜50が同時に除去されるのを防止することができる。また、仮に弾性膜50が同時にエッチングされたとしても、その量は極めて少なく抑えられる。なお、本実施形態のように、圧力発生室12の一方面を構成する弾性膜50が二酸化シリコンからなる場合に効果的であり、さらに、絶縁膜55として窒化シリコン又は酸化タンタルを用いた場合には、特に効果的である。

なお、その後は、図7Aに示すように、連通部13に対向する領域の弾性膜50及び下電極膜60を、例えば、レーザ加工等により除去して連通部13とリザーバ部32とを連通させてリザーバ100とする。また、その後、図7Bに示すように、圧力発生室12の内面及び絶縁膜55が形成されていた領域に、耐インク性の材料からなる耐インク性保護膜110を設けるようにしてもよい。このように耐インク性保護膜110を設ける場合には、上述したように、絶縁膜55及

び張り出し部55bをドライエッチングにより除去しておくことが好ましい。これにより、耐インク性保護膜110の形成が容易となる。

なお、圧力発生室12を形成した後は、封止基板30上にコンプライアンス基板40を接着剤等によって接合し、さらに、流路形成基板10の封止基板30とは反対側の面にノズル開口21が穿設されたノズルプレート20を接合することにより、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドが形成される。また、実際には、上述した一連の膜形成及び異方性エッチングによって一枚のウェハ上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、図1に示すような一つのチップサイズの流路形成基板10毎に分割する。

(実施形態2)

図8は、実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの製造方法を示す圧力発生室の長手方向の断面図である。なお、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドの製造方法では、流路形成基板10を所定の厚さにする工程以外、上述した実施形態1と同様なため、重複する工程の説明は省略する。

まず、図8Aに示すように、圧電素子300が形成された流路形成基板10の圧電素子300の設けられた面とは反対側の面に、封止基板30を接合する。次に、図8Bに示すように、封止基板30が接合された流路形成基板10の圧電素子300の設けられた面とは反対側の面を研削、研磨することにより、流路形成基板10をある程度の厚さに形成する。この研削、研磨では、流路形成基板10に応力がかかるため、流路形成基板10を薄くしていくと、流路形成基板10の剛性が低下し、流路形成基板10の圧電素子保持部31に対向する領域が中空であるため、圧電素子保持部31側に撓み変形し易く、厚さにバラツキが生じてしまう虞がある。また、研削、研磨により流路形成基板10にマイクロクラック等の加工変質層が形成される虞がある。

このため、流路形成基板10の研削量としては、流路形成基板10の圧電素子保持部31に対向する領域が変形せずに研削、研磨できる量とし、且つ研削、研磨により生じたマイクロクラック等の加工変質層が後述するウェットエッチングする工程で除去できる厚さが残るような量とする。本実施形態では、流路形成基板10は、封止基板30との接着時点で約220 μ mの厚さであるため、これを

研削、研磨することにより100 μ mの厚さとする。

次に、図8Cに示すように、上述した実施形態1と同様に、流路形成基板10の圧電素子300が設けられた面とは反対側の面内方向に回転させながら、圧電素子300とは反対側の面をエッチング液により処理することにより、流路形成基板10を所定の厚さとする。このウェットエッチングでは、上述した実施形態1と同様に、流路形成基板10に応力がかかることがなく、また、流路形成基板10の表面に均一にエッチング液を広げることができるため、均一な厚さの流路形成基板10を容易に且つ高精度に形成することができる。また、流路形成基板10を研削、研磨した際にマイクロクラック等の加工変質層が形成されたとしても、ウェットエッチングにより確実に除去することができる。

このように、本実施形態では、流路形成基板10を所定の厚さとする際に、研削、研磨した後にウェットエッチングするようにしたため、加工変質層のない均一な厚さの流路形成基板10を短時間で形成することができる。

その後の、圧力発生室12、連通部13及びインク供給路14を形成する工程、ノズルプレート20及びコンプライアンス基板40を接合する工程等は上述した実施形態1と同様なため、重複する説明は省略する。

(他の実施形態)

以上、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法について説明したが、勿論、本発明は上述の実施形態に限定されるものではないことは言うまでもない。例えば、上述した実施形態1及び2では、圧力発生室12、連通部13及びインク供給路14を形成した後に、封止基板30上にコンプライアンス基板40を接合したが、特にこれに限定されず、例えば、流路形成基板10に封止基板30を接合した際に、同時にコンプライアンス基板40を接合するようにしてもよい。

また、上述した実施形態1及び2では、リザーバ100が圧電素子300側に設けられたインクジェット式記録ヘッドを例示したが、インクジェット式記録ヘッドの基本的な構成は、特にこれに限定されるものではない。ここで、インクジェット式記録ヘッドの他の例を図9に示す。なお、図9は、インクジェット式記録ヘッドの圧力発生室の並設方向の断面図及びそのB-B'断面図である。図9に示すように、インクジェット式記録ヘッドの流路形成基板10の圧電素子300

0側には、圧電素子300に対向する領域にその運動を阻害しない程度の空間を確保した状態で、この空間を密封可能な圧電素子保持部31を有する封止基板30Aが接合されている。

また、圧力発生室12と後述するリザーバ100Aとは、ノズルプレート20Aの各圧力発生室12の一端部に対応する位置に形成されたインク供給口22を介して連通されており、インクはこのインク供給口22を介してリザーバ100Aから供給され、各圧力発生室12に分配される。

このようなノズルプレート20A上のインク供給口22に対応する領域には、リザーバ100Aを形成するインク室側板37、インク室形成基板38及びコンプライアンス基板40Aが接合されている。

インク室側板37は、流路形成基板10の端部より外側に突出するように接合され、接合面とは反対側の面でリザーバ100Aの一側面を構成するものである。このインク室側板37には、各インク供給口22と連通するインク供給連通口39が形成されており、インク室側板37の突出した領域には、外部からのインク供給を受けるインク導入口44Aが厚さ方向に貫通して設けられている。

インク室形成基板38は、リザーバ100Aの周壁を形成するものであり、ノズル開口数、インク滴吐出周波数に応じた適正な厚みのステンレス板を打ち抜いて形成されたものである。また、コンプライアンス基板40Aは、ステンレス基板等からなり、一方の面でリザーバ100Aの一側面を構成するものである。また、コンプライアンス基板40Aには、他方の面の一部にハーフエッチングにより凹状の開口部43Aが形成されている。この開口部43Aは、コンプライアンス基板40Aを薄肉状とすることで、インク滴吐出の際に発生するノズル開口21と反対側へ向かう圧力を吸収するもので、他の圧力発生室12にリザーバ100Aを経由して不要な正又は負の圧力が加わるのを防止する。

このようなインクジェット式記録ヘッドとしても、上述した実施形態1及び2と同様に製造時にウェットエッチングによって流路形成基板10を所定の厚さとすることで、均一な厚さの流路形成基板10を形成して、ノズルプレート20A等を良好に接合することができる。

また、上述した実施形態1及び2では、封止基板30が接着された流路形成基

板10を所定の厚さに加工する際に、流路形成基板10を回転させながらエッチング液で処理するようにしたが、特にこれに限定されず、流路形成基板10を研削、研磨するだけで所定の厚さに加工するようにしてもよい。

さらに、上述の実施形態では、液体噴射ヘッドとして、印刷媒体に所定の画像や文字を印刷するインクジェット式記録ヘッドを一例として説明したが、勿論、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ELディスプレイ、FED（面発光ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材噴射ヘッド、バイオチップ製造に用いられる生体有機噴射ヘッド等、他の液体噴射ヘッドにも適用することができる。

請求の範囲

1. シリコン単結晶基板からなりノズル開口に連通する圧力発生室が画成される流路形成基板と、該流路形成基板上に振動板を介して設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッドの製造方法において、

前記流路形成基板の一方の面に前記振動板及び前記圧電素子を形成する工程と、前記流路形成基板上に前記圧電素子を封止する圧電素子保持部を有する封止基板を加熱接着する工程と、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程と、前記流路形成基板と前記封止基板との接着温度よりも低い温度で前記流路形成基板の他方の面に絶縁膜を成膜すると共に当該絶縁膜を所定形状にパターニングする工程と、パターニングされた絶縁膜をマスクとして前記流路形成基板をエッチングして前記圧力発生室を形成する工程とを有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

2. 請求の範囲1において、前記流路形成基板と前記封止基板とを接着する接着剤が、エポキシ系接着剤であることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

3. 請求の範囲1において、前記振動板の少なくとも最下層が熱酸化膜によって形成され、前記圧力発生室の一方面が当該熱酸化膜によって構成されていることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

4. 請求の範囲1において、前記絶縁膜を形成する工程では、ECRスパッタ法又はイオンアシスト蒸着法を用いることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

5. 請求の範囲1において、前記圧力発生室を形成する工程では、前記絶縁膜が形成されている領域の前記流路形成基板の一部が除去されて当該絶縁膜が前記圧力発生室に対向する領域に張り出した張り出し部が形成され、前記圧力発生室を形成する工程後にこの張り出し部を除去する工程をさらに有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

6. 請求の範囲1において、前記絶縁膜として、窒化シリコン、酸化タンタル、アルミナ、ジルコニア又はチタニアの何れかの材料を用いることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

7. 請求の範囲6において、テトラフルオロメタン (CF_4) 又はトリフルオロメタン (CHF_3) を主成分とするエッチングガスを用いたドライエッチングによって前記絶縁膜をパターンニングすることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

8. 請求の範囲1において、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程では、前記流路形成基板を前記圧電素子が設けられた一方面とは反対側の他方面の面内方向に回転させながら当該流路形成基板の前記他方面をエッチング液で処理することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

9. 請求の範囲8において、前記流路形成基板を所定の厚さに加工する工程では、前記流路形成基板の前記他方面側を研削又は研磨した後にエッチング液で処理することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

10. 請求の範囲8において、前記エッチング液がフッ硝酸であることを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

11. 請求の範囲1～10の何れかにおいて、前記流路形成基板に分割されるシリコン単結晶ウェハに対して前記各工程を実施し、その後、分割することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

12. 請求の範囲1～10の何れかにおいて、前記圧力発生室を形成した前記流路形成基板の前記他方面側にノズル開口の穿設されたノズルプレートを接着する工程を有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

13. 請求の範囲11において、前記圧力発生室を形成した前記流路形成基板の前記他方面側にノズル開口の穿設されたノズルプレートを接着する工程を有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

要約書

流路形成基板の取り扱いが容易となり圧力発生室を良好に形成できると共に、製造効率を向上することのできる液体噴射ヘッドの製造方法を提供する。

流路形成基板の一方の面に振動板及び圧電素子を形成する工程と、流路形成基板上に圧電素子を封止する圧電素子保持部を有する封止基板を加熱接着する工程と、流路形成基板を所定の厚さに加工する工程と、流路形成基板と封止基板との接着温度よりも低い温度で流路形成基板の他方の面に絶縁膜を成膜すると共に絶縁膜を所定形状にパターニングする工程と、パターニングされた絶縁膜をマスクとして流路形成基板をエッチングして圧力発生室を形成する工程とを有することにより、流路形成基板の取り扱いが容易となり且つ圧力発生室を高精度に形成できる。